



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Recuperación del suelo contaminado con petróleo utilizando Micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

AUTOR:

García Trinidad, Cindy Silda

ASESOR:

Dr. Valverde Flores, Jhonny

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Conservación de los Recursos Naturales

LIMA-PERÚ

2017-I

Página del jurado

Dr. Elmer Benítez Alfaro
PRESIDENTE

Dr. Cesar Jiménez Calderón
SECRETARIO

Dr. Jhonny Valverde Flores
VOCAL

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado con mucho cariño y amor, para mi papá por ser mi ejemplo a seguir adelante, para mi mamá por ser mi apoyo incondicional en todo momento y para mi hermana por ser mi mejor guía y darme fuerza siempre.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y las fuerzas para lograr mis objetivos y a mis padres por brindarme todo su confianza, seguridad, a mi hermana por motivarme y siempre estar a mi lado en todo momento y a la Universidad Cesar Vallejo.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Cindy Silda Garcia Trinidad con DNI N° 47299032, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniera Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo

Lima, 17 de Julio

DNI: 47299032

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Recuperación del suelo contaminado con petróleo utilizando Micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniería Ambiental.

Cindy Silda Garcia Trinidad
DNI: 47299032

ÍNDICE

Página del jurado.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	1
PRESENTACIÓN.....	2
ÍNDICE.....	3
RESUMEN	7
Abstract	7
I. INTRODUCCIÓN	8
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	11
1.2 TRABAJOS PREVIOS	12
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	15
1.3.1 CONCEPTO DE PETRÓLEO.....	15
1.3.2 CARACTERÍSTICAS DE PETRÓLEO	15
1.3.3 TIPOS DE PETRÓLEO	16
1.3.4 PARÁMETROS DE MEDICIÓN DEL PETRÓLEO.....	16
1.3.5 CONCEPTO DE SUELO	17
1.3.6 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	17
1.3.7 TIPOS DE SUELO	18
1.3.8 PARÁMETROS DE MEDICIÓN DEL SUELO	19
1.3.9 MICRO Y NANO BURBUJAS.....	21
1.3.10 CARACTERÍSTICAS DE LAS MICRO NANO BURBUJAS	21
1.3.11 APLICACIONES GENERALES DE LAS MICRO-NANO BURBUJAS.....	22
1.3.12 NANOTECNOLOGÍA	22
1.3.13 TRATAMIENTO DE SUELOS INDUSTRIALES.....	22
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	23
1.6 HIPÓTESIS.....	24
1.7 Objetivos	25
1.7.1 Objetivo General	25
1.7.2 Objetivos Específicos.....	25
II. MÉTODO.....	26
2.1 Tipo y Diseño de investigación	27

2.2 Variables y Operacionalización	27
2.3 Población, muestra y muestreo	30
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Validez y confiabilidad	30
2.5 Métodos de análisis de datos.....	33
2.6 Aspectos éticos.....	33
III.RESULTADOS	34
IV. DISCUSIÓN.....	64
V. CONCLUSIÓN.....	66
VI. RECOMENDACIÓN.....	68
VII. REFERENCIAS.....	70
BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXO	76
Anexo 01: Matriz de consistencia	77
INTRUMENTOS	78
Anexo 02: Matriz de Variable Independiente	78
Anexo 03: Ficha de muestreo del suelo en campo	79
Anexo 04: Matriz de Variable dependiente	80
Anexo 05: Certificado del laboratorio de los parámetros del suelo antes del tratamiento	81
Anexo 06: Certificado del laboratorio de los parámetros del suelo después del tratamiento	82
Anexo 07: Certificado del laboratorio % de HTP extraído del suelo después del tratamiento	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Ubicación del muestreo del suelo	35
Figura 02. Observación del lugar	35
Figura 03. Método de rejilla simple en el lugar de muestreo	36
Figura 04. Investigadora midiendo la profundidad	36
Figura 05. Medida de la profundidad con la wincha	36
Figura 06. Realización del muestreo	37
Figura 07. Después de realizar el sacado de la muestra del suelo	37
Figura 08. Pesado de muestra en la balanza	39
Figura 09. Medición con la probeta del agua destilada	39
Figura 10. Agitar la mezcla contenida de suelo y agua destilada en el vaso de precipitación	40
Figura 11. Filtrar la mezcla de agua destilada con suelo en un vaso de precipitación	40

Figura 12. Medición de los parámetros	41
Figura 13. Multi parametros	41
Figura 14. Medición de viscosidad del petróleo	42
Figura 15. Viscosímetro	42
Figura 16. Botella graduada en mililitros	43
Figura 17. Cantidad de petróleo	43
Figura 18. Botellas con medida del volumen del petróleo	44
Figura 19. Pesando los 2 kilogramos de la muestra de suelo	44
Figura 20. Las 4 muestras de suelo con sus respectivos volúmenes de petróleo	44
Figura 21. Contaminación del suelo con petróleo	45
Figura 22. Las 4 muestras de suelo contaminado con petróleo cada una con 500 gramos para realizar el tratamiento	45
Figura 23. Lavando el generador de micro-nanoburbujas con agua ionizada	46
Figura 24. Investigadora y el equipo de tratamiento	46
Figura 25. Observando en la celda de flotación de micro-nanoburbujas	47
Figura 26. Salida de las micro-nanoburbujas	47
Figura 27. Investigadora echando la muestra de suelo en la celda de flotación	48
Figura 28. Observando la salida del petróleo en la jarra	48
Figura 29. Pesando en la balanza los 1400 gramos de suelo de la muestra n°1	49
Figura 30. Echando la muestra de suelo en la parte céntrica de la celda de flotación de micro-nanoburbujas	49
Figura 31. Presencia del suelo con el petróleo en la parte superior de la celda de flotación de micro-nanoburbujas	49
Figura 32. Investigadora abriendo la llave de agua para sacar el petróleo en un frasco de vidrio	50
Figura 33. Investigadora sacando en un balde todo el agua de la celda de flotación de micro-nanoburbujas	50
Figura 34. Pesando los 500 gramos del suelo tratado	51
Figura 35. Las 4 muestras de suelo después del tratamiento	51
Figura 36. Las 16 muestras de agua con petróleo después del tratamiento debidamente rotuladas según el número de muestra y el tiempo que se saco	52
Figura 37. Investigadora con las muestras de suelo sin contaminar, muestras después del tratamiento, muestra seca y con envases de vidrio que contiene el petróleo estriado del suelo	52
Figura 38. Foto de micro-nanoburbuja en el microscopio	53
Figura 39. Midiendo la micro-nanoburbuja	53
Figura 40. Medida de la micro-nanoburbuja	53

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros y componentes del petróleo	17
Tabla 1. Parámetros de medición del suelo	19
Tabla 2. Estándares de calidad del suelo-materia orgánica	20
Tabla 3. Matriz de operacionalización de variables	29
Tabla 5. Cantidad de suelo y volumen de petróleo e para cada muestra.	30
Tabla 6. Datos y parámetros del petróleo	42
Tabla 7. Concentraciones iniciales del petróleo	43
Tabla 8. Resultados de la extracción de los hidrocarburos totales de petróleo	56
Tabla 9. Resultados de las propiedades físicas y químicas del suelo después del tratamiento	57
Tabla 10. Resultados de las propiedades físicas y químicas del suelo antes del tratamiento	57
Tabla 11. Porcentaje de humedad del suelo después del tratamiento	58
Tabla 12. Densidad aparente del suelo después del tratamiento	58
Tabla 13. Comparación de las concentraciones de petróleo antes y después del tratamiento del suelo	59
Tabla 14. Comparación del pH antes y después del tratamiento del suelo	60
Tabla 15. Comparación de la conductividad eléctrica antes y después del tratamiento del suelo	61
Tabla 16. Comparación del potencial de redox antes y después del tratamiento del suelo	61
Tabla 17. Comparación de la temperatura antes y después del tratamiento del suelo	62

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 01. Comparación de la concentración inicial y fina del petróleo	59
Grafico 02. Comparación del pH del suelo antes y después del tratamiento	60
Grafico 03. Comparación del potencial de redox del suelo antes y después del tratamiento	62
Grafico 04. Comparación de la temperatura del suelo antes y después del tratamiento	63

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación el objetivo principal es recuperar el suelo contaminado con petróleo utilizando las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio. La población y muestra de estudio estuvo dada a nivel de laboratorio donde se contaminó 10kilogramos de suelo franco limoso. Se pesó en 4 envases 2000 gramos de suelo en cada uno y luego se contaminó con el petróleo con volúmenes diferentes 133 ml, 267ml, 400ml y 534ml. Pasado las 48 horas se realizó el tratamiento con micro-nanoburbujas. Se separó el agua utilizada en $t=0$, $t=2$, $t=4$ y $t=8$. Para observar una capa fina de petróleo seguidamente se llevó al laboratorio para medir los siguientes parámetros: pH, CE, mv y T. Juntamente con ello 4 muestras de suelo tratado para analizar los hidrocarburos totales. El mejor resultado fue la muestra número 3 con el 49% de concentración de petróleo en la recuperación del suelo, considerando significativo para el trabajo de investigación.

Palabras claves: Contaminación, Micro-nanoburbujas, petróleo, parámetro, suelo.

Abstract

In the present work of investigation the main objective is to recover the soil contaminated with petroleum using the micro-nanobubbles of air-ozono at laboratory level. The population and study sample was given at the laboratory level where 10kilograms of loamy loam soil was contaminated. It weighed in 4 containers 2000 grams of soil in each one and soon it was contaminated with the petroleum with different volumes 133 ml, 267ml, 400ml and 534ml. After 48 hours, the treatment with micro-nanobubbles was performed. The water used was separated at $t = 0$, $t = 2$, $t = 4$ and $t = 8$. To observe a thin layer of oil, the laboratory was then taken to measure the following parameters: pH, CE, mv and T. Together with this, 4 soil samples were treated to analyze the total hydrocarbons. The best result was sample number 3 with 49% of oil concentration in the soil recovery, considered significant for the research work.

Key words: Pollution, Micro-nanoblobs, petroleum, parameter, soil.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con diversos yacimientos de petróleo. El traslado del hidrocarburo de la selva a la costa se realiza por el oleoducto norperuano y que se encuentra a cargo de la empresa estatal Petroperú. La gestión y administración del traslado del oleoducto se ha visto cuestionada por los diversos derrames de petróleo que han afectado al medio ambiente, sobre todo a los ríos, contaminándolos y generando pérdida irremediables de fauna y flora aledaña a los ríos.

En el año 2016 se produjeron muchos derrames, alcanzando hasta trece fugas de petróleo. De acuerdo al diario El Comercio (2016) se vertió en promedio 6.000 barriles con petróleo en las localidades de Loreto y Amazonas. En el presente año también se registraron 2 derrames de petróleo.

Existen varias investigaciones que buscan solucionar esta problemática que a nivel mundial se viene dando. Como se indica con los antecedentes encontrados.

Izquierdo, (2013). Presentó el estudio “Biodegradación de HAPs durante la biorremediación aeróbica de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo. Análisis de poblaciones bacterianas y genes funciones.

Bermúdez (2012) presentó el estudio “Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos a partir del uso de un consorcio bacteriano autóctono en la zona costera de Punta Majagua.”.

Santos (2007) presentó el estudio “Caracterización de suelos contaminados con hidrocarburos en una empresa minera y desarrollo de un método biológico para su remediación”

Ante ello el presente estudio pretende recuperar el suelo contaminado por el derrame del petróleo mediante una nueva alternativa nanotecnológica. Esta técnica ha sido empleada para descontaminar humedales, ríos, lagunas de elementos tóxicos como el petróleo, su efectividad radica en que las micro-nanoburbujas son diez mil veces más pequeñas que una burbuja, cada una de ellas captura los contaminantes y las filtran, disminuyendo y eliminando

los elementos tóxicos, como es el petróleo. Explica con más detalle en el marco teórico.

La investigación se justifica desde el ámbito ambiental porque los derrames de petróleo han sido eventos que se han suscitado continuamente y la contaminación en la zona de impacto ha provocado diversos daños en la ecología, sobre todo en los suelos y agua. La presencia de petróleo en estos recursos daña su calidad y propiedades, impactando a su vez en la flora y fauna de su entorno.

Diversos estudios han profundizado técnicas para la recuperación del suelo contaminado por los derrames del petróleo, pero la mayoría de los trabajos presentados, se realizan en periodos largos de tiempo. A diferencia el presente trabajo se realizara tomando el tiempo en minutos.

La recuperación del suelo es importante ya que gracias a la superficie terrestre obtenemos de forma natural las frutas y verduras que sirven de alimento para los seres vivos.

Con esta investigación pongo en evidencia una tecnología novedosa la cual ayudara a resolver los problemas del medio ambiente cuando se encuentra afectada por la mala manipulación de los hidrocarburos.

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

El Perú cuenta con diversos yacimientos de petróleo, destacando la zona noroccidental, el zócalo continental y la selva peruana (norte). Esta última zona es la más importante porque se extrae más del 50% del volumen total en el país. El traslado del hidrocarburo de la selva a la costa se realiza por el oleoducto norperuano y se encuentra a cargo de la empresa estatal Petroperú. La gestión y administración del traslado del oleoducto se ha visto cuestionada por los diversos derrames de petróleo que han afectado al medio ambiente, sobre todo a los ríos, contaminándolos y generando pérdida irremediables de fauna y flora aledaña a los ríos.

En el año 2016 se produjeron muchos derrames, alcanzando hasta trece fugas de petróleo. De acuerdo al diario El Comercio (2016), se vertió en promedio 6.000 barriles con petróleo en las localidades de Loreto y Amazonas.

En el presente año también se registraron 2 derrames de petróleo; este último ocurrió el 19 de abril según lo informó el noticiero del canal de Frecuencia Latina, donde se produjo el derrame de 8 500 galones de petróleo producto del desviste de una cisterna en el kilómetro 44 de la carretera Yurimaguas (Tarapoto). En la cual afectó a la quebrada Sabaloyacu y el río Caynarachi. Afectando a los peces y aves de la zona indicada.

Es necesario tomar en cuenta que la mayoría de los pobladores de la zona afectada carecen de los servicios básicos y no cuentan con agua potable, por lo que hacen uso de las aguas de los ríos aledaños para su consumo, así como de los peces que habitan en ellos. Por lo que al ser contaminados con petróleo derramado impacta directamente en la vida de los pobladores, limitando el consumo de agua y de alimentos, ya que el crudo derramado afecta los suelos, sus cosechas y especies comestibles y nativas alrededor de la zona de impacto.

Ante ello el presente estudio pretende recuperar el suelo contaminado por el derrame del petróleo mediante una nueva alternativa nanotecnológica. Esta técnica ha sido empleada para descontaminar humedales, ríos, lagunas de

elementos tóxicos como el petróleo, su efectividad radica en que las micro-nanoburbujas son diez mil veces más pequeñas que una burbuja, cada una de ellas captura los contaminantes y las filtran, disminuyendo y eliminando los elementos tóxicos, como es el petróleo.

La investigación se realizará a nivel de laboratorio, la cual podrá ser replicada y experimentada en el campo; para ello se demostrará la efectividad de esta alternativa nanotecnológica para eliminar petróleo del suelo, con ello brindar una alternativa de solución.

1.2 TRABAJOS PREVIOS

Buendía, (2013). publicó la investigación “Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante el compost de aserrín y estiércol”. El objetivo de estudio es determinar la recuperación de un suelo contaminado con hidrocarburos, usando aserrín y estiércol, empleando como planta indicadora al maíz. En la investigación aplicó el modelo de Diseño Experimental al Azar (DCA), con tres repeticiones y doce tratamiento sumando en total 36 macetas experimentales, para lo cual utilizo estiércol y aserrines. Se concluyó que la concentración de 21.81 gr de TPH/kg de suelo se redujo a 16.28 gr de TPH/kg de suelo, que representa una reducción del 25%.

Bermúdez, (2012). Presentó el estudio “Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos a partir del uso de un consorcio bacteriano alóctono en la zona costera de Punta Majagua.”. Tesis para optar el grado académico de Master en Ciencias Técnicas. Mención Ingeniería en Saneamiento Ambiental en la Universidad Central. “Marta Abreu” de las Villas. El propósito de esta investigación fue realizar el saneamiento ambiental de una zona costera contaminada con hidrocarburos, localizada en la porción centro-norte de la Bahía de Cienfuegos, Cuba. El tratamiento de los residuos petrolizados se realizó mediante la técnica de bioaumentación con el uso del consorcio bacteriano BIOIL-FC, aplicándose un diseño aleatorizado por bloques completos con un factor categórico. Se diseñó un área de biorremediación de 115m X 75m donde posteriormente se dispusieron 479m³ de residual mezclado con tierra fértil en proporción 1/3.

Se aplicaron 76 640L de BIOIL-FC, producidos en un biorreactor de 12 000L utilizando para su producción industrial un cultivo semicontinuo con adiciones y extracciones de 7 000L cada 4h, hasta lograr el volumen final de producción. Se logró una reducción significativa de los niveles de hidrocarburos totales del petróleo (HTP) a los 120 días posteriores a la aplicación del BIOIL-FC. Del 90% de las fracciones medias y ligeras, obteniéndose en cada una de las parcelas analizadas valores de concentración inferiores a 6 000 y 3 000 mg•kg⁻¹.

Izquierdo, (2013). presentó el estudio “Biodegradación de HAPs durante la biorremediación aeróbica de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo. Análisis de poblaciones bacterianas y genes funciones”. Tesis para optar el grado de Doctor de la Universitat de Barcelona. El objetivo principal es el estudio de las poblaciones y los procesos microbianos implicados en la biodegradación ambiental de hidrocarburos en suelos. Se realizó la biorremediación mediante tratamiento en biopilas aerobias estáticas. Se concluyó que la concentración de TPHs se redujo de los 19799 mg/Kg iniciales a 6373 mg/Kg a los 120 días (67,8%).

Cando, (2011). presentó el estudio “Determinación y análisis de un proceso de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos”. El objetivo principal es analizar y determinar la factibilidad de un proceso biorremediación de hidrocarburos presentes en una matriz contaminada. Se realizaron pruebas preliminares (Bioensayos en unidades experimentales) con la bacteria *Streptomyces* y bioensayos en frascos de vidrio (bioreactores). Se concluyó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, aunque existen niveles de degradación, siendo el mejor tratamiento el T3 con un porcentaje del 29,7% de degradación de TPH, en un periodo de 30 días.

Riojas, (2010). Presentaron la publicación efectos de los surfactantes en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. El objetivo principal es describir los efectos de los surfactantes en el proceso de biorremediación dándole un énfasis a los efectos que influyen en la biodisponibilidad y finalmente discutir sobre los factores que ocasionan la inhibición y toxicidad. Aplicación de los surfactantes en una biorremediación

puede actuar incrementando la biodisponibilidad del hidrocarburo mediante la acción paralela de la desorción y solubilización del contaminante, permitiendo la transferencia de masa y biodegradación. Se concluyó que la biorremediación es una tecnología que tiene un gran potencial en la recuperación de sitios contaminados por hidrocarburos de petróleo y generalmente es más barata que otras alternativas de restauración. Los factores externos de la biorremediación tales como los nutrientes, humedad, temperatura, oxígeno, pH, entre otros son importantes para lograr condiciones favorables. La biorremediación se ve muy favorecida con la aplicación de surfactantes, le ayuda en la biodisponibilidad del contaminante y con esto en su biodegradación, si bien pueden existir efectos negativos, esto hace suponer realizar pruebas previas, para definir el tipo de surfactante a utilizar y su dosis.

Santos, (2007). Presentó el estudio “Caracterización de suelos contaminados con hidrocarburos en una empresa minera y desarrollo de un método biológico para su remediación”. Tesis para optar el grado de Maestro en Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Autónoma de México. El objetivo principal es hacer una caracterización de los suelos afectados, con base en el contenido de hidrocarburos totales del petróleo y, a partir de los resultados, evaluar con pruebas de tratabilidad un método biológico para su remediación y posteriormente hacer el diseño de un sistema de tratamiento aplicando el método evaluado. La metodología empleada se dividió en cuatro etapas que fueron las siguientes: Caracterización de los sitios contaminados, Selección del método de remediación (criterios y estudio de tratabilidad), Pruebas a nivel laboratorio (preparación de muestras, aislamiento de bacterias, biodegradación, bioestimulación), Pruebas en campo (preparación de muestras, caracterización de lodos y pruebas con lodos, pruebas con medio mineral). Se concluyó que las pruebas de laboratorio con las muestras de suelo colocadas en matraces y en condiciones controladas de humedad y con la adición de un medio mineral preparado, permitieron comprobar la capacidad de degradación de las bacterias. Después de dos meses se alcanzó una degradación de 41 % en el suelo del taller La Encantada (de 14,181 a 8,359 mg/kg de HTP), de aproximadamente 99 % en el suelo del

Polvorín (de 5,215 mg/kg de HTP a menos de 30mg/kg¹), de 96 % en el suelo de la fosa de recepción de combustóleo (de 6,016 a 217 mg/kg de HTP) y de 45 % en el suelo del tanque de diésel en la zona de embarque (de 8,058 a 4,457 mg/kg de HTP).

1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1 CONCEPTO DE PETRÓLEO

Parra, (2003). Indicó que “el petróleo o comúnmente llamado “crudo”, proviene de forma natural y que se origina de campos de gas. El Petróleo lo compone una mezcla carbono, hidrógeno y en proporciones menores azufre y oxígeno. Es el resultado de la descomposición de residuos vegetales y animales” (p.320).

Vázquez, et al (2011). definió que “el petróleo es un tipo de hidrocarburo de origen animal y vegetal, depositados en el subsuelo, y bajo el mar hace millones de años, los cuales fueron cubiertos por diversas mantos de lodo y arcilla y que por un proceso químico se transformó en petróleo” (p.512).

1.3.2 CARACTERÍSTICAS DE PETRÓLEO

Según la descripción de **Roldán (2008, p.141)** el petróleo presenta las siguientes características:

- Son compuestos complejos de hidrocarburos en forma líquida
- Se compone por carbono e hidrógeno
- Es oleoso, incendiable, de tez amarillenta con tendencia a ser negro, de olor fuerte y constituido por hidrocarburos
- Su densidad va entre 0.8 y 0.95 kg/dm³
- Se encuentra vinculada a depósitos de petróleo, junto a depósitos de gas natural
- Tiende a constituirse caloríficamente
- Se constituye de hidrógeno, azufre, nitrógeno, oxígeno y carbono
- Tiene poder calorífico que se utiliza como fuente de energía

1.3.3 TIPOS DE PETRÓLEO

Ortuño (2012, p.63). señaló que hay diversas valoraciones para clasificar el petróleo, entre las que destaca por su naturaleza química, tales como:

Parafínicos.- Compuesto por más del 50% de hidrocarburos saturados y con 40% en promedio de hidrocarburos parafínicos; que son de constitución ligera y de una densidad próxima a 0.85, se caracteriza también por su alta viscosidad y poca presencia de azufre.

Nafteno-parafínicos.- Compuesto por más del 50% de hidrocarburos saturados y con 40% en promedio de hidrocarburos parafínicos y nafténicos. También lo compone azufre y muestra de 5 a 15 de resinas y de 40% de aromáticos.

Nafténicos.- Compuesto por 50% de hidrocarburos saturados y más de 40% de nafténicos.

Aromáticos.- Contiene menos del 50% de hidrocarburos saturados y más del 50% de hidrocarburos aromáticos entre resinas y asfaltenos. Su aceite es pesado y tiene en promedio uno por ciento de azufre.

1.3.4 PARÁMETROS DE MEDICIÓN DEL PETRÓLEO

Según **Wauquier (2004)**. El petróleo crudo es la materia más empleada al refinar el petróleo, se constituye por la mezcla de diversos hidrocarburos, donde se puede encontrar, Carbono, Azufre, Hidrógeno, Oxígeno y Nitrógeno. El origen del petróleo es de naturaleza animal y vegetal, cuyos residuos fueron sometidos a diversas condiciones ambientales, como temperatura y presión, junto a ello la presencia de agentes bacterianos, dio como resultado al petróleo. Este fluye por diversas capas y sedimentos, concentrándose en formaciones geológicas, las cuales son exploradas para su extracción (p.152).

El petróleo tiene diversos compuestos, por lo que se considera ello como sus parámetros, cada uno de estos parámetros y su composición puede ser observada en la tabla N° 1.

Tabla 4. Parámetros y componentes del petróleo

COMPUESTO	% PESO
Carbono	84-87
Hidrógeno	11-14
Azúfre	0-5
Nitrógeno	0-0,2
Oxígeno	0-0,5

Fuente: Wauquier (2004)

1.3.5 CONCEPTO DE SUELO

Casanova (2005), indicó que el suelo es un sistema natural y complejo, que ha sido formado en la superficie terrestre, alojando a diversos seres vivos. Las propiedades del suelo dependen de fenómenos climáticos y biológicos, ya que interactúa en los componentes geológicos, acondicionado en periodos de relieve y drenaje (p.392).

Para **Brunel y Seguel (2011)**, revelaron que el suelo es un sistema dinámico donde confluyen una serie de procesos ecos biológicos que ayudan a la conservación de vida animal y vegetal. El suelo tiene componentes químicos y biológicos, por lo que la alteración de los mismos perjudica su calidad y propiedades, por lo que es necesario protegerlos y mantenerlos (p.3).

1.3.6 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El suelo se caracteriza porque está compuesto por diversos aspectos, como el físico, químico y biológico. Según **Aguilar (2014, p.36)** las características del suelo son:

Características físicas

Por su textura.- la cual es determinada por pequeñas partículas minerales de distintos tamaños.

Por su estructura.- las partículas se unen así formar agregados.

Por su densidad.- referido a la cantidad de masa por volumen de suelo.

Por su temperatura.- incide en la distribución de vegetación que crece alrededor del suelo.

Por su color.- ello varía acorde a los componentes y humedad del suelo.

Características químicas

Materia orgánica.- compuesto por residuos de las plantas y animales en descomposición.

Nitrógeno (N).- beneficia en el desarrollo de los vegetales y plantas, dándole color y las proteínas que requieren.

Fósforo.- beneficia al crecimiento de las plantas, contribuyendo a su crecimiento y formación.

Potasio.- hace que los tallos de las plantas se fortalezcan, protegiéndola de bacterias y enfermedades.

Calcio.- promueve el crecimiento de las raíces y tallos de las plantas.

Magnesio.- forma los aceites y grasas en las plantas, e interviene en la creación de clorofila, nutriendo a las plantas desde la raíz y tallos.

pH.-se encuentra relacionado con la acidez del suelo y su concentración de hidrogeniones.

Características biológicas

El ciclo de nitrógeno.-se encuentra relacionada a la actividad microbiana presente en el suelo, tales como lombrices, hongos, artrópodos y bacterias.

El ciclo de carbono.- proceso donde se intercambia diversos elementos, como la geosfera, pedosfera y biosfera, los flujos de carbono e intercambios generan diversos procesos, tanto químicos, biológicos, físicos y geológicos.

1.3.7 TIPOS DE SUELO

Graux (2000, p.15). describieron los diversos tipos de suelo, destacando los siguientes:

Arenas y gravas.-son áridos y se forman en fragmentos de minerales y rocas, se clasifican en tamaño y homogeneidad.

Limos.-son finos y sin plasticidad, son de forma granulosa y son de origen mineral y en ciertas fracciones orgánicos.

Arcillas.-formados por partículas diminutas (microscópicos) y su origen es de naturaleza química de las rocas.

Suelos complejos.-son suelos compuestos por diversas mezclas y tipos de suelo, como arcillas, arenas arcillosas, etc.

1.3.8 PARÁMETROS DE MEDICIÓN DEL SUELO

Los parámetros de medición del suelo han sido descritos por **Prieto, et al (2013, p.86)** que se pueden visualizar en la tabla N°2.

Tabla 5. *Parámetros de medición del suelo*

Indicador	Unidad de Medida	Indicadores de Calidad de Suelos	
		Máx.	Mín.
pH	-	8,50	5,00
C _{orgánico} (COS)	%	6,00	1,00
Saturación de Bases	%	100	50
Agregados estables en agua	%	75	10
Velocidad de infiltración	cm/h	10	1
Densidad aparente	Mg/m ³	1,50	1,05
Potencial Zeta (pZ)	mV	+30	-30
Espesor de horizonte A	cm	45	0

Fuente: Prieto, et al (2013) indicadores e índices de calidad de los suelos

En esa misma línea se hace referencia a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Suelo propuesto por el **MINAM (2013)**, así establecer si hay presencia de parámetros orgánicos e inorgánicos que contaminen los suelos, sobre todo por actividades de minería y petrolera. Estos parámetros se pueden observar en las tablas N°3.

Tabla 6. *Estándares de calidad del suelo-materia orgánica*

Nº	Parámetros	Usos del suelo			
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/Parques	Suelo Comercial/Industrial/ Extractivos	Método de Ensayo
ORGÁNICOS					
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B EPA 8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B EPA 8021-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Fracción de hidrocarburos F1 (C5-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-M
7	Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) (mg/kg MS)	1200	1200	5000	EPA 8015-M
8	Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40) (mg/kg MS)	3000	3000	6000	EPA 8021-B
9	Benzo(a) pireno (mg/kg MS)	0,1	0,1	0,7	EPA 8260-B
10	Bifenilos policlorados - PCB (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8015-B
11	Aldrin (mg/kg MS) (1)	2	4	10	EPA 8015-M
12	Endrín (mg/kg MS) (1)	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS) (1)	0,7	0,7	12	PA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS) (1)	0,01	0,01	0,01	PA 8270-D

Fuente: MINAN (2013).

1.3.9 MICRO Y NANOBURBUJAS

Las micro-nanoburbujas son burbujas muy pequeñas y finas, cuenta con un diámetro de 1 a 100 micras. Estas burbujas contienen aire atmosférico y al entrar en contacto con el agua transfiere oxígeno, dióxido de carbono y ozono, generando el incremento de bacterias aeróbicas en el agua (**Castagnino, 2013, p.636**).

Las micro-nanoburbujas son burbujas de diámetros pequeños es decir a escala de los micrómetros y nanómetros, no existe un acuerdo exacto sobre los diámetros exactos para definirlos, existen diferentes autores que manejan sus rangos para identificar a las micro-nanoburbujas. “Las microburbujas (MB) y nanoburbujas (NB) son burbujas diminutas con un diámetro respectivo de 10–40µm y < 100 µm para el campo de la física de fluidos (**Tsuge, 2014, p.3**).

1.3.10 CARACTERÍSTICAS DE LAS MICRO NANOBURBUJAS

Castagnino, (2013, p.636) presenta las principales características de las micro- nanoburbujas:

- Su flotabilidad es más lenta que las burbujas convencionales, alcanzando los 0.0001 pies por segundo a diferencia de las burbujas estándares que flota 0.361 pies por segundo.
- Son de carga negativa debido a la alta concentración de iones
- Al ir flotando capturan contaminantes (sólidos) que se encuentran suspendidos en la superficie, al tener una flotabilidad lenta su captura es más efectiva.
- Por su tamaño penetran en espacios pequeños, descontaminando, y envolviendo el residuo y haciéndolo flotar a la superficie.
- Una propiedad importante de las microburbujas que las distingue de Burbujas convencionales es que se contraen cuando su tamaño es inferior a un valor crítico; La tasa de retracción aumenta significativamente a medida que disminuye el tamaño de las microburbujas, debido al aumento de la presión interna.

Las dispersiones de microburbujas se manejan fácilmente debido a su viscosidad similar al agua.

1.3.11 APLICACIONES GENERALES DE LAS MICRO-NANOBURBUJAS

Las micro-nanoburbujas, pueden ser aplicadas en temas ambientales; y otras áreas; donde se busque solucionar un problema, a continuación se detallan los campos de aplicación de estas burbujas diminutas.

a) Ambientales.- En el tratamiento y mejora de la calidad de agua en lagos, lagunas, ríos, humedales, estanques, costas, manglares, aguas subterráneas y aguas marinas (**Valverde, 2016, p.20**)

b) Industriales.- En el tratamiento de aguas residuales de industrias como: papeleras, farmacéutica, biomédica, petroquímica, química, láctea, frigoríficos, curtiembres, lavanderías, alimenticia, textil, metalúrgica, entre otras. Así mismo en el tratamiento y mejoramiento del agua en aquellos procesos relacionados con la extracción de petróleo, gas y minerales. (**Valverde, 2016, p.20**)

c) Explotación primaria.- En el tratamiento de aguas utilizadas en la industria de producción del sector agropecuario (porcicultura, agricultura, acuicultura, avicultura, entre otros). (**Valverde, 2016, p.21**)

1.3.12 NANOTECNOLOGÍA

La nanotecnología es la ciencia que se centra en la investigación de la escala nanométrica. La nanotecnología ambiental es una nueva disciplina científico-tecnológica que estudia las propiedades de los nanomateriales naturales y fabricados por el hombre, sus aplicaciones, las técnicas para su caracterización, los procesos de integración y transformación en ecosistemas [...] (**Valverde, 2016, p.21**).

1.3.13 TRATAMIENTO DE SUELOS INDUSTRIALES

También se utiliza para la recuperación de los suelos, el ozono; como para contaminaciones por compuestos orgánicos, en concreto, se han visto usos en suelos contaminados por hidrocarburos en gasolineras, en este caso se aplica in situ (ya que no hay necesidad de llevar una muestra del suelo contaminado). Por otro lado se emplea el ozono de manera directa como en la inyección pero hay

que tener en cuenta de cubrir todo el suelo tratado con una cubierta impermeable con la finalidad de evitar la salida de las posibles fugas y productos de degradación a la atmosfera.

Se ha visto que otra forma de poder tratar es disolviéndolo en agua a saturación, con la importancia del que tratamiento sea eficaz, se debe medir la permeabilidad para asegurar la penetración del reactivo.

Debido a que el ozono es un oxidante muy efectivo pueden tratarse en la actualidad suelos contaminados con disolvente, aldehídos, ácidos orgánicos, fenoles, pesticidas. Rodríguez, (2003).

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problemas General

¿La aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono permitirá la recuperación del suelo contaminado con petróleo a nivel de laboratorio?

Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es la concentración del petróleo para poder recuperar el suelo contaminado mediante el uso de las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio?
- b) ¿Qué propiedades físicas existe para la recuperación del suelo contaminado con petróleo mediante el uso de las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio?
- c) ¿Qué propiedades químicas existe para la recuperación del suelo contaminado con petróleo mediante el uso de las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio?

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La investigación se justifica desde el ámbito ambiental porque los derrames de petróleo han sido eventos que se han suscitado continuamente y la contaminación en la zona de impacto ha provocado diversos daños en la ecología, sobre todo en los suelos y agua. La presencia de petróleo en estos recursos daña su calidad y propiedades, impactando a su vez en la flora y fauna de su entorno.

Diversos estudios han profundizado técnicas para la recuperación del suelo contaminado por los derrames del petróleo, pero la mayoría de los trabajos presentados, se realizan en periodos largos de tiempo. A diferencia el presente trabajo se realizara tomando el tiempo en minutos.

Por otra parte el estudio se justifica desde el aspecto teórico, porque se ha comprobado que hay poca literatura relacionada al tema, por lo que su desarrollo podrá contribuir en la gnosis vinculada a técnicas de descontaminación de petróleo. Los resultados, así como las conclusiones podrán ser sistematizadas e incorporadas a la ciencia de la ecología, ingeniería ambiental, etc. Asimismo, el estudio podrá servir de referencia a otros investigadores.

Por otro lado el estudio se justifica desde el aspecto social, tomando en cuenta que la presencia de petróleo en los recursos naturales perjudica a las poblaciones que se encuentran en el entorno, muchas de estas comunidades dependen directamente de la fauna, flora, agua y suelos para su subsistencia y al encontrarse contaminados impacta directamente en su economía.

Finalmente la investigación se justifica desde el metodológico, porque se ha cumplido con los pasos descritos en la metodología de la investigación, desde el enfoque cuantitativo, partiendo por observar un problema, describir la realidad problemática, formular problemas, objetivos e hipótesis de estudio. Delimitar la metodología a usar, diseñar los instrumentos de medición y finalizando con su aplicación. Todos estos pasos permitieron establecer resultados y conclusiones.

1.6 HIPÓTESIS

Hipótesis General

Mediante la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono se obtendrá la recuperación del suelo contaminado con petróleo a nivel de laboratorio

Hipótesis Específicas

- a) Será posible reducir el volumen de petróleo para la recuperación del suelo contaminado mediante el uso de las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio
- b) Se podrá determinar propiedades físicas para la recuperación del suelo contaminado con petróleo mediante el uso de las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio
- c) Se podrá determinar propiedades químicas para la recuperación del suelo contaminado con petróleo mediante el uso de las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Recuperar el suelo contaminado con petróleo utilizando micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio

1.7.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar la concentración de petróleo en la recuperación del suelo contaminado después del tratamiento con las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio
- b) Determinar las propiedades físicas de la recuperación del suelo contaminado con petróleo luego del tratamiento con micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio
- c) Determinar las propiedades químicas de la recuperación del suelo contaminado con petróleo luego del tratamiento con micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio

II. MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de investigación

Por su tipo:

La investigación es aplicada ya que se utilizó una técnica definida (Micro-nanoburbujas) para recuperar el suelo contaminado por petróleo. De acuerdo con la explicación de **Quezada (2015)** “los estudios aplicados tratan de solucionar problemas de manera específica, tomando en cuenta los aspectos teóricos, prácticos, así confrontarlos con la realidad” (p.26).

Por su diseño:

Corresponde al estudio Pre- experimental. **Según Carrasco (2007)**.

A aquellas investigaciones en la que su grado de control es menor y no cumplen con los requisitos de un verdadero experimento.

Presenta la siguiente forma:

Al diseño de preprueba- posprueba con una sola medición el cual establece el siguiente esquema:

$$\text{G.E: } O_1 - X - O_2$$

G.E: Es el grupo experimental

O₁: Concentración inicial de petróleo del suelo contaminado

X: Tratamiento con micro-nanoburbujas de aire-ozono

O₂: Concentración final de petróleo en suelo contaminado

2.2 Variables y Operacionalización

Variable dependiente: Recuperación del suelo contaminado

Recuperar un suelo contaminado actualmente es necesario emplear tecnologías avanzadas para poder destruir o aislar las sustancias contaminantes que puedan alterar la estructura química, térmica o biológica depende de la eficacia con que se trata el suelo contaminado. **(Sota, 2007, p.22)**

Variable independiente: Micro nanoburbujas de aire-ozono

Las micro-nanoburbujas, pueden ser aplicadas en temas ambientales; y otras áreas; donde se busque solucionar un problema. Las micro-nanoburbujas son burbujas muy pequeñas y finas, cuenta con un diámetro de 1 a 100 micras. Estas burbujas contienen aire atmosférico y al entrar en contacto con el agua transfiere oxígeno, dióxido de carbono y ozono, generando el incremento de bacterias aeróbicas en el agua **(Castagnino, 2013, p.636)**.

Tabla 7. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDICIÓN	ESCALA LA MEDICIÓN
Variable dependiente Recuperación del suelo contaminado	Las micro-nanoburbujas, pueden ser aplicadas en temas ambientales; y otras áreas; donde se busque solucionar un problema. Las micro-nanoburbujas son burbujas muy pequeñas y finas, cuenta con un diámetro de 1 a 100 micras. (Castagnino, 2013, p.636).	Para medir la recuperación del suelo se tendrá en cuenta La concentración de petróleo, propiedades físicas y propiedades químicas	Concentración de petróleo	Concentración inicial	ml	Escala
				Concentración final	ml	Escala
			Propiedades físicas	Temperatura	°C	Escala
				Estructura	%	Escala
			Propiedades químicas	Textura	Franco limoso	Escala
				pH	Acido/base	Escala
Variable independiente Uso de micro-nanoburbujas	Recuperar un suelo contaminado actualmente es necesario emplear tecnologías avanzar para poder destruir o aislar las sustancias contaminantes que puedan alterar la estructura química, térmicos o biológicos depende de la eficacia con que se trata el suelo contaminado. (Sota, 2007, p.22)	Para medir el uso de las micro-nanoburbujas se tendrá en cuenta las condiciones operacionales y las características	Condiciones operacionales	conductividad eléctrica	µs/cm, ms/cm	Escala
				potencial de redox,	mv	Escala
			Características de las micro-nanaburbujas	Caudal	l/h	Escala
				Tiempo de tratamiento	min	Escala
				Presión del aire	bar	Escala
				Volumen del agua	l	Escala
				Velocidad de ascenso	m/s	Escala
				Presión interna	atm	Escala
				Tamaño	un	Escala

2.3 Población, muestra y muestreo

En la presente investigación la población fue determinada a nivel laboratorio. Para lo cual se contaminó el suelo franco limoso con petróleo en cantidades proporcionales.

Esta misma muestra que se usara en la investigación la cual indica en el siguiente cuadro:

Tabla 5. Cantidad de suelo y volumen de petróleo e para cada muestra.

Muestra	Cantidad de Suelo (kg)	Volumen de petróleo (ml)
Muestra sin contaminar	2	0
Muestra N° 1	2	133
Muestra N° 2	2	267
Muestra N° 3	2	400
Muestra N° 4	2	534

Fuente: Elaboración propia (201)

Con más detalle se describe y se colocó las fotos del procedimiento en los resultados en la ETAPA N°1 Recolección de la muestra.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos

La técnica utilizada en la recolección de datos correspondió:

Observación

La técnica de observación se empleará en el manejo de los parámetros a medir a nivel de laboratorio, ello en función al comportamiento de la concentración del petróleo, de las propiedades físicas, químicas del suelo contaminado antes y después de la aplicación de Micro-nanoburbujas de aire-ozono.

Resultados de laboratorio

Los parámetros a medir serán:

De la variable dependiente: Recuperación del suelo contaminado

- Concentración de petróleo inicial y final
- Temperatura
- pH
- Potencial de redox
- Conductividad eléctrica
- Estructura
- Textura

De la variable independiente: Uso micro-nanoburbujas

- Presión interna de micro-nanoburbujas
- Tamaño de micro-nanoburbujas
- Velocidad de ascenso de micro-nanoburbujas
- Tamaño de las micro-nanoburbujas
- Caudal del agua
- Volumen del agua
- Presión del aire
- Tiempo de tratamiento con las micro-nanoburbujas

Instrumentos

- Ficha de muestreo de suelo en campo
- Ficha de muestreo de suelo en el laboratorio
- Matriz de Variable Independiente (micro-nanoburbujas)
- Matriz de caracterización de parámetros antes del tratamiento
- Matriz de caracterización de parámetros después del tratamiento

Validez

Para determinar la validez de los instrumentos: estos han sido revisados por Especialistas. Ver ANEXOS

Confiabilidad

Procedimiento Alfa de Cronbach indica que la confiabilidad según los datos que se colocaron en el spss es de 0,655 siendo muy confiable según el rango de confiabilidad del resumen estadístico.

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	4	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	4	100,0
a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.			

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,655	3

Estadísticas de total de elemento				
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
HT	41,4500	50,015	,793	,031
EXTRAC	12,9500	27,948	,785	,063
HUMEDAD	50,7500	133,750	,823	,859

Estadísticas de escala			
Media	Varianza	Desviación estándar	N de elementos
52,5750	135,414	11,63676	3

2.5 Métodos de análisis de datos

Los datos recogidos del laboratorio serán analizados estadísticamente, generando los siguientes resultados:

- Tablas y gráficos de frecuencia antes y después de la aplicación las Micro-nanoburbujas de aire-ozono en el suelo contaminado con petróleo.

2.6 Aspectos éticos

Se da constancia que el estudio es inédito, las fuentes empleadas han sido debidamente citadas y referenciadas, respetando el derecho de los autores. Los resultados encontrados serán descritos fielmente, sin manipularlos o alterarlos. Asimismo, como parte del proceso de investigación se preservará y cuidará el medio ambiente y los recursos sin dañarlos o alterarlos.

III.RESULTADOS

3.1 ETAPA N°1 Recolección de la muestra

Se realizó el muestreo del suelo el día 25-06-17 a las 8 am en la Av. Canta Callao – Los Olivos 15307 donde se realizaron los siguientes pasos: de acuerdo a la guía de muestreo de suelos del MINAN.



Fuente: Imagen Google Map (2017)

FIGURA 01. UBICACIÓN DEL MUESTREO DEL SUELO

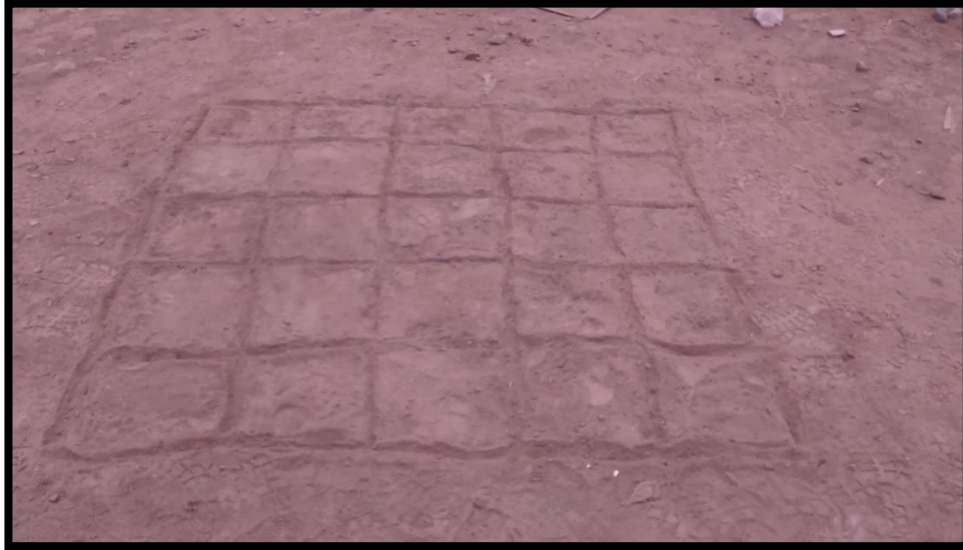
1. Se observó el lugar y se procedieron a escribir algunos datos en la ficha de muestreo de suelo en campo.



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 02. OBSERVACIÓN DEL LUGAR

2. Se tomaron las coordenadas geográficas.
3. Se limpió la parte de la superficie del suelo
4. Se escogió un lugar al azar y se midió 1.62 m² formando un cuadrado
5. Se procedió a medir con la wincha en forma horizontal y vertical (con una medida 0.32cm). Basado en el método por rejilla simple



Fuente: Elaboración propia (2017)

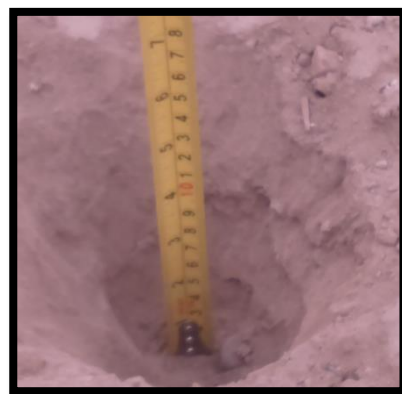
FIGURA 03. MÉTODO DE REJILLA SIMPLE EN EL LUGAR DE MUESTREO

6. Se escavó y se midió con la wincha 10 cm de profundidad (cada cuadrado).



Fuente: Elaboración propia (2017)

**FIGURA 04. INVESTIGADORA
MIDIENDO LA PROFUNDIDAD**



Fuente: Elaboración propia (2017)

**FIGURA 05. MEDIDA DE LA
PROFUNDIDAD CON LA WINCHA**

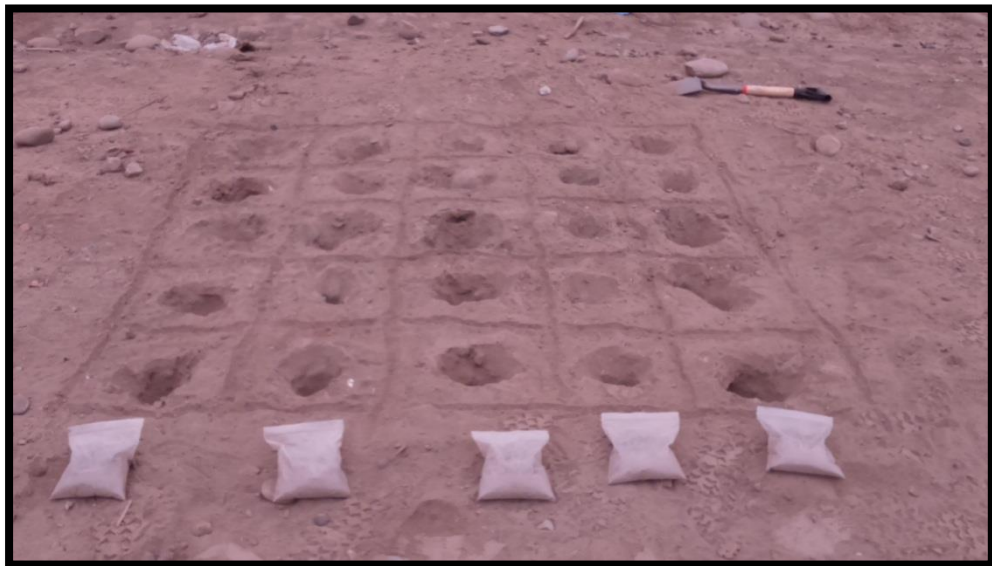
7. De cada orificio se sacó con una lampa 400 gramos de suelo aproximadamente.



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 06. REALIZACIÓN DEL MUESTREO

8. Se obtuvo 5 muestras de 2000 g de suelo.



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 07. DESPÚES DE REALIZAR EL SACADO DE LA MUESTRA DEL SUELO

9. Se colocó en el suelo una bolsa plástica de un metro luego se echó las 5 muestras de suelo y se procedió a mezclar. Obteniendo una muestra representativa.

ANEXO 03. Ficha de muestreo del suelo en campo

1. Datos Generales

Dirección del lugar de muestreo	Primera de Pro – Canta Callao
Departamento/provincia/distrito	Lima/Lima/ Los Olivos

2. Datos del punto de muestreo

Nombre de la persona responsable del muestreo	Cindy Garcia Trinidad
Coordenadas Geográficas	11°55'40,6"S 77°5' 39.95"W
Descripción de la superficie	Asfalto
Instrumentos utilizados	Rastrillo, lampa, wincha

3. Datos de la muestra

Rotulación de muestra	OV-M1
Fecha	25-06-17
Hora	8:00 a.m.
Cantidad de muestra recolecta	10 kilos
Profundidad	10 cm
Color/olor	Marrón / sin olor
Tipo de muestra	Compuesta
Numero de sub muestras	5

Fuente: Elaboración propia (2017)

3.2 ETAPA N°2 Análisis antes del tratamiento

MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL SUELO EN EL LABORATORIO

Se llevó los 10 kilogramos de suelo al laboratorio para la medición de los siguientes parámetros.

1. Se pesó 5 gramos de suelo en la balanza



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 08. PESADO DE LA MUESTRA EN LA BALANZA

2. Se midió 100ml. de agua destilada en una probeta



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 09. MEDICIÓN CON LA PROBETA DEL AGUA DESTILADA

3. Se mezcló los 5gr. de suelo con el agua destilada y se agito durante 20 minutos. Se dejó reposar durante media hora.



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 10. AGITAR LA MEZCLA DE SUELO Y AGUA DESTILADA CONTENIDA EN EL VASO DE PRECIPITACIÓN

4. Se colocó un papel filtro en un embudo y se procedió a filtrar la muestra preparada



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 11. FILTRAR LA MEZCLA DE AGUA CON SUELO EN UN VASO DE PRECIPITACIÓN

5. se procedió a calibrar el equipo con el Buffer pH 7 el multiparámetro para luego proceder a medir la solución obtenida los siguientes parámetros Temperatura: 21°C, pH: 8, conductividad eléctrica: 1775us/cm y potencial redox: 279mv.



Fuente: Elaboración propia (2017)

**FIGURA 12. MEDICIÓN DE LOS
PARAMETROS**



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 13. MULTI PARAMETRO

6. Se realizó la medición CIC (cantidad de intercambio catiónico) en el análisis se obtuvo $\text{meq}/100\text{g} = 39\%$ siendo de característica alta
7. Realizamos la estructura del suelo obteniendo 50% de arena, 20% de limo, 30% arcilla para luego obtener el % de materia orgánica que es 0.053 %.
8. Con el triángulo de la USDA obtuvimos de los datos de la textura del suelo que fue franco limoso.

PREPARACIÓN DEL SUELO CONTAMINADO CON PETRÓLEO A NIVEL DE LABORATORIO

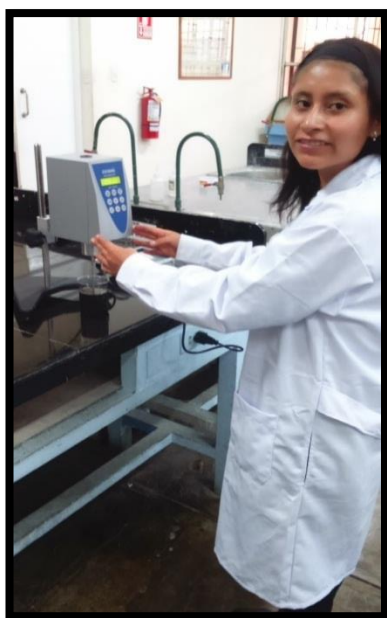
El petróleo crudo se obtuvo del laboratorio de la facultad de Ing. Petroquímica de la Universidad Nacional de Ingeniería con los siguientes datos y parámetros:

Tabla 6. Datos y parámetros del petróleo

Lugar de extracción	Refinería de Talara
Empresa	Unipetro
Pozo	3578
Fecha de extracción	28-02-17
Presión manométrica	10PSI
Temperatura	30.4°C
Producción	4bbl/di/Cp

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Petroquímica de la Universidad Nacional de Ingeniería (2017).

Se midió la viscosidad del petróleo crudo con el viscosímetro Brookfield



Fuente: Laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería (2017).

FIGURA 14. MEDICIÓN DE VISCOSIDAD DEL PETRÓLEO



Fuente: Laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería (2017).

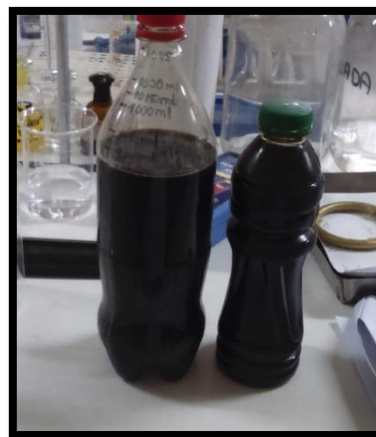
FIGURA 15. VISCOSÍMETRO

Se procedió a medir la cantidad de petróleo. Posteriormente antes de realizar se graduó mediante una vaso de precipitación con agua destilada de 50 ml en 50 ml. En total se obtuvo 1335 ml de petróleo



Fuente Elaboración propia: (2017)

FIGURA 16. BOTELLA GRADUADA EN MILILITROS



Fuente Elaboración propia: (2017)

FIGURA 17. CANTIDAD DE PETRÓLEO

Se realizó algunos cálculos para hallar el volumen de petróleo que se echará a la muestra de suelo de proporcional mediante % obteniéndose lo siguiente:

Tabla 7. Concentraciones iniciales del petróleo

Muestra	%	Volumen de petróleo (ml)	
Muestra sin contaminar	0	0	Blanco
Muestra N° 1	10	133	Muestra contaminada
Muestra N° 2	20	267	Muestra contaminada
Muestra N° 3	30	400	Muestra contaminada
Muestra N° 4	40	534	Suelo Testigo

Fuente: Elaboración propia (2017)

Se rotulo 4 botellas de polietileno con su volumen del petróleo



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 18. BOTELLAS CON MEDIDA DE VOLUMEN DEL PETRÓLEO

Se procedió a pesar 2 kilogramos de la muestra de suelo en un envase de plástico transparente.



Fuente Elaboración propia: (2017)

FIGURA 19. PESANDO LOS 2 KILOGRAMOS DE LA MUESTRA DE SUELO



Fuente Elaboración propia: (2017)

FIGURA 20. LAS 4 MUESTRAS DE SUELO CON SUS RESPECTIVOS VOLUMENES DE PETRÓLEO

Se procedió a contaminar el suelo con el petróleo



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 21. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

3.1 ETAPA N°3 Tratamiento

Primeramente se pesó en la balanza 500 gramos de la muestra de suelo.



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 22. LAS 4 MUESTRA DE SUELO CADA UNA CON 500 GRAMOS PARA REALIZAR EL TRATAMIENTO

Se remojo por unos minutos los tres generadores de micro-nanoburbujas en una tina grande con agua ionizada y también se usó para enjuagar y lavar el tanque pequeño y la celda de flotación de micro-nanoburbujas.



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 23. LAVANDO EL GENERADOR DE MICRO-NANOBURBUJAS CON AGUA IONIZADA

Luego se instaló todo el equipo necesario para empezar a realizar el tratamiento.



Fuente Elaboración propia: (2017)

FIGURA 24. INVESTIGADORA Y EL EQUIPO DE TRATAMIENTO

Se procedió a llenar con agua limpia la celda de flotación de micro-nanoburbujas hasta la dirección de la llave de agua de la parte superior (66 litros) y el tanque pequeño (12 litros).

Para evitar las fugas de aguas se realizó una primera prueba sin echar la muestra de suelo contaminado con petróleo. Se ajustó posteriormente con teflón y herramientas.

El tratamiento se inició prendiendo de la siguiente manera los equipos:

1. Prendió la motobomba y se abrió las 3 válvulas (se midió el caudal que fue 4l/h).
2. Coloco el dosificador del generador de ozono adentro del tanque pequeño y se prendió. Con la finalidad de realizar un burbujeo adicional para que se limpie el equipo de micro-nanoburbujas. (1000mg/h).
3. Se conectó la compresora y se midió con un manómetro la presión del aire (20 bares).
4. Se observó la salida de las micro-nanoburbujas.



Fuente Elaboración propia: (2017)

**FIGURA 25. OBSERVANDO EN LA CELDA
DE FLOTACIÓN LAS MICRO-NANOBURBUJAS**



Fuente Elaboración propia: (2017)

**FIGURA 26. SALIDA DE LA
MICRO-NANOBURBUJAS**

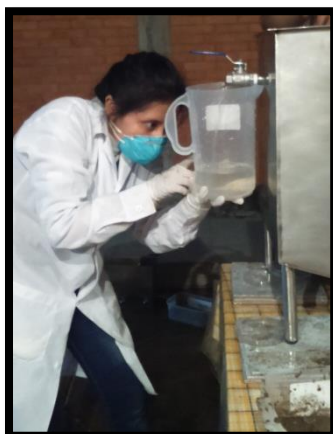
5. En la parte céntrica de la celda de flotación se hecho 500 gramos de la muestra N° 1 del suelo contaminado con petróleo (133ml).



Fuente Elaboración propia: (2017)

FIGURA 27. INVESTIGADORA HECHANDO LA MUESTRA DE SUELO EN LA CELDA DE FLOTACIÓN

6. Después se abrió el llave de agua en los siguientes tiempos $t=0$, $t=2$, $t=4$ y $t=8$. Al observar que no notaba la salida del petróleo.



Fuente Elaboración propia: (2017)

FIGURA 28. OBSERVANDO LA SALIDA DEL PETROLEO EN LA JARRA

7. Se apagó todo el equipo y se fue a pesar 1400 gramos más de la muestra N°1 de suelo contaminado con petróleo.



FIGURA 29. PESANDO EN LA BALANZA LOS 1400 GRAMOS DE SUELO DE LA MUESTRA N°1

Fuente: Elaboración propia (2017)

8. Nuevamente se empezó el tratamiento prendiendo la motobomba, el generador de ozono y la compresora.

9. Por la parte céntrica de la celda de flotación de micro-nanoburbujas se hecho los 1400 gramos de la muestra N°1 de suelo contaminado con petróleo.

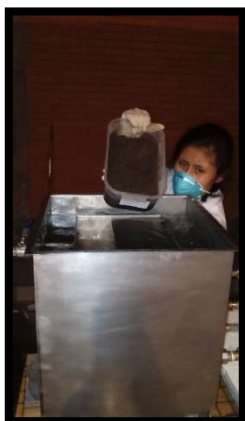


FIGURA 30. ECHANDO LA MUESTRA DE SUELO EN LA PARTE CENTRICA DE LA CELDA DE FLOTACION DE MICRO-NANOBURBUJAS

Fuente: Elaboración propia (2017)



FIGURA 31. PRESENCIA DEL SUELO CON EL PETROLEO EN LA PARTE SUPERIOR DE LA CELDA DE FLOTACIÓN DE MICRO-NANOBURBUJAS

Fuente: Elaboración propia (2017)

10. Luego se abrió la llave de agua de la parte superior y se sacó con un frasco de vidrio el petróleo con agua en el tiempo $t=0$, lo mismo se

realizó en tiempo $t=2$, $t=4$ y $t=8$. Ahora sí, se observó la presencia del petróleo.



FIGURA 32. INVESTIGADORA ABRIENDO LA LLAVE DE AGUA PARA SACAR EL PETROLEO EN UN FRASCO DE VIDRIO

Fuente: Elaboración propia (2017)

11. Pasado 5 minutos se abrió la llave de agua de la parte superior de la celda de flotación para sacar el agua con un balde y también se abrió la llave de agua de la parte inferior y se guardó. Para extraer y sacar todo la muestra de suelo se tuvo que meter una paleta de acero inoxidable por la parte superior.



FIGURA 33. INVESTIGADORA SACANDO EN UN BALDE TODO EL AGUA DE LA CELDA DE FLOTACIÓN DE MICRO-NANOBURBUJAS

Fuente: Elaboración propia (2017)

12. Se limpió la celda de flotación de micro-nanoburbujas con agua limpia.

13. Para después hacer el procedimiento explicado anterior se volvió a realizar para la muestra N°2, N°3 y N°4.

14. Se llevó las 4 muestras tratadas y se pesó en 4 bolsas ziploc (cada bolsa contenía 500 gramos).

Para llevar al laboratorio y medir el porcentaje de hidrocarburos totales de petróleo, humedad, densidad aparente, temperatura, conductividad eléctrica potencial de redox y pH.

También se pesó 100 gramos de la muestra de suelo que quedaba sin tratar para llevar al laboratorio y medir los siguientes parámetros temperatura, pH, conductividad eléctrica y potencial redox.



Fuente: Elaboración propia (2017)

**FIGURA 34 PESANDO LOS 500
GRAMOS DE SUELO TRATADO**



Fuente: Elaboración propia (2017)

**FIGURA 35 LAS 4 MUESTRA DE SUELO DESPÚS
DEL TRATAMIENTO**

3.2 ETAPA N°4 Análisis después del tratamiento

Se llevó al laboratorio las 8: muestras contaminadas con petróleo (100 gramos), 4 muestra de suelo tratado con las micro-nanoburbujas y se obtuvo los siguientes resultados:

Procedió a observar los 16 envases de vidrio donde se sacó el petróleo con el agua en tratamiento de las 4 muestras; en los tiempos $t=0$, $t=2$, $t=4$ y $t=8$.



FIGURA 36 LAS 16 MUESTRAS DE AGUA CON PETROLEO DESPUES DEL TRATAMIENTO DEBIDAMENTE ROTULADAS SEGÚN EL NUMERO DE MUESTRA Y EL TIEMPO EN QUE SE SACO.

Fuente Elaboración propia: (2017)

Notándose lo siguiente:

En el $t=0$ se notó casi nada la presencia de petróleo sobre todo en la muestra N°1 de suelo que solo tenía 133ml.

La muestra N°3 y 4 se notó mejor cantidad que salió de petróleo en el $t=0$. Conforme los minutos pasaban como es el caso de los $t=2$, $t=4$ y $t=8$. La cantidad de petróleo aumentaba.



Fuente Elaboración propia: (2017)

FIGURA 37. INVESTIGADORA CON LAS MUESTRA DE SUELO SIN CONTAMINAR, MUESTRA DESPUES DEL TRATAMIENTO, MUESTRA SECA Y CON ENVASES DE VIDRIO QUE CONTIENEN EL PETROLEO EXTRAIDO DEL SUELO.

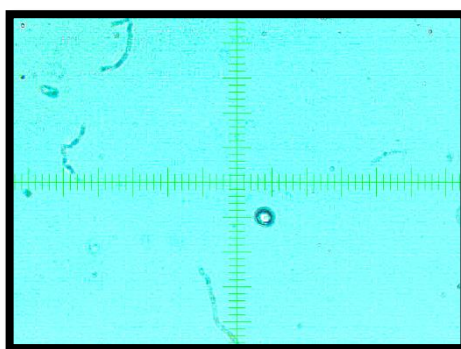
MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE LAS MICRO-NANOBURBUJAS

Se llevó un frasco con la muestra de agua.

Conecto el microscopio.

- 1.- Saco con un gotero del frasco un poco de agua.
- 2.- Colocó una gota en un porta objeto y se le hecho un azul metileno.
- 3.- Se puso por encima un cubre objeto
- 4.- Se llevó a ver en el microscopio
- 5.- Se graduó las manillas para observarlo mejor.

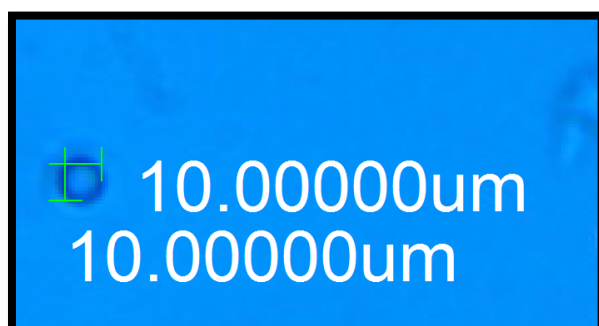
Se tomó foto la mejor imagen y se procedió a medir con el mismo software.



Fuente: Elaboración propia (2017)

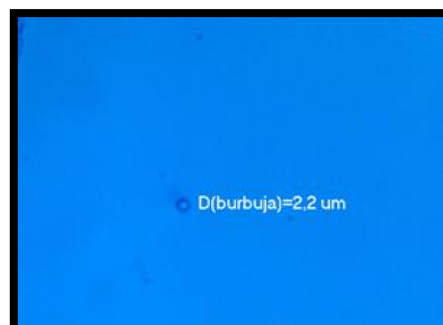
FIGURA 38. FOTO DE MICRO-NANOBURBUJA EN EL MICROSCOPIO

Se procedió a medir con el mismo software (Digital Camera Application) el tamaño de las micro-nanoburbujas.



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 39 MIDIENDO LA MICRO-NANOBURBUJA



Fuente: Elaboración propia (2017)

FIGURA 40 MEDIDA DE LA MICRO-NANOBURBUJA

Calculo para hallar la medida de la micro-nanoburbuja

$$\left(0,2 \frac{\mu n}{pixel}\right) 11 pixel = 2,2 \mu n$$

Determinar la **VELOCIDAD DE ASCENSO** de la micro-nanoburbuja se utilizara la siguiente fórmula:

$$U = \frac{\rho \times d \times g^2}{18\mu}$$

Datos:

$$U=x$$

$$\rho=997\text{kg/m}^3$$

$$g=9.8\text{m/s}^2$$

$$d=2.2 \times 10^{-6}$$

$$\mu=1.003 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$$

Reemplazando:

$$U = \frac{998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \times (2.2 \times 10^{-6})}{\frac{18 \times \left(1.003 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{\frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$U = 2.65 \times 10^{-5} \text{m/s}$$

$$U = 13.25 \text{cm/h}$$

:

Determinar la **PRESION INTERNA** de la micro-nanoburbuja se utilizara la siguiente fórmula:

Ecuación de Young-Laplace

$$P = PI + \frac{4\sigma}{db}$$

P: Presión de la burbuja

$$PI: \text{Presión del líquido} = \rho \times g \times h$$

Datos:

$$\rho = 998.2 \frac{kg}{m^3}$$

$$g = 9.8 \frac{m}{s}$$

$$h = 10 \text{ cm} = 0.1m$$

Remplazando:

$$PI = \left(998.2 \frac{kg}{m^3}\right) \times \left(9.8 \frac{m}{s}\right) \times (0.1m)$$

$$PI = 987.236 \frac{kg}{ms^2}$$

$$PI = 978.236Pa$$

$$PI = 0.0097atm$$

Remplazando en la Ecuación de Young-Laplace

$$P = 0.0097atm + \frac{4\left(0.0728 \frac{N}{m}\right)}{2.2 \times 10^{-6}}$$

$$P = 0.0097atm + 132363.6364 \frac{N}{m^2}$$

$$P = 0.0097atm + 1.306328atm$$

$$P = 1.32atm$$

Se procedió a llenar el siguiente cuadro.

Anexo 2. Instrumento de medición de la variable independiente

Matriz de caracterización de parámetros de la Micro- nanoburbujas		
Parámetros	Unidades	Observaciones
Tiempo del tratamiento	min	8
Tamaño	nm	2.2
Velocidad de ascenso	m/s	2.65×10^{-5}
Presión interna	atm	1.32

Fuente: Elaboración propia (2017)

Se llevó al laboratorio a analizar 4 muestras contaminadas con petróleo (c/u con 100 gramos) y 4 muestra de suelo tratado con las micro-nanoburbujas (c/u con 500 gramos) se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 8. Resultados de la extracción de los hidrocarburos totales de petróleo

código	TPH/ml	%TPH Extraído
Muestra Tratado 1	6.5	39
Muestra Tratado 2	7	32
Muestra Tratado 3	17	49
Muestra Tratado 4	14	38.5

Fuente: Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERÚ

En el presente cuadro podemos observar que la muestra tratada 3 es la que más TPH hidrocarburo total de petróleo se extrajo con un 49% y la menor cantidad que extrajo fue la muestra 2 con 32% TPH

Tabla 9. Resultados de las propiedades físicas y químicas del suelo después del tratamiento

código	pH	CE/ μ s	mv	T°C
Muestra Tratado 1	7.4	534.25	275.75	19.2
Muestra Tratado 2	7.8	750	326.75	19.2
Muestra Tratado 3	7.7	565.65	355.5	19.2
Muestra Tratado 4	7.7	549	450.75	19.2

Fuente: Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERÚ

El cuadro indica que la muestra tratado 3 presenta el pH más alto de 7.8 y la CE de 750 ms/cm pero en el caso del valor del potencial redox presenta la muestra 4 450.75

Tabla 10. Resultados de las propiedades físicas y químicas del suelo antes del tratamiento

código	pH	CE/ms/cm	mv	T°C
Muestra sin tratar 1	7.2	3.30	190	19.2
Muestra sin tratar 2	7.5	4.14	193	19.2
Muestra sin tratar 3	7.8	4.52	195	19.2
Muestra sin tratar 4	7.9	4.71	196	19.2

Fuente: Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERÚ

El cuadro indica que la muestra tratado 3 presenta el pH más alto de 7.8 y la CE de 750 ms/cm pero en el caso del valor del potencial redox presenta la muestra 4 450.75 El cuadro se presenta a la muestra 4 como la que la mayor obtuvo de pH 7.9, CE 4.71 ms/cm y potencial redox de 196mv y la muestra 1 fue la que tuvo menor valor.

Tabla 11. Porcentaje de humedad del suelo después del tratamiento

código	Peso de muestra húmeda/gr	Peso de muestra seco/gr	% de humedad
Muestra Tratado 1	200	158	21
Muestra Tratado 2	200	161	19.5
Muestra Tratado 3	200	164	13.5
Muestra Tratado 4	500	166	13.5

Fuente: Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERÚ

En el cuadro se puede observar que a mayor concentración de petróleo mayor será el peso de la muestra contaminada y también el % de humedad. La muestra tratada 1 tiene el menor valor y la muestra 4 mayor valor.

Tabla 12. Densidad aparente del suelo después del tratamiento

Código	Densidad aparente gr/cm ³
Muestra sin contaminar	1.50
Muestra Tratado 1	1.74
Muestra Tratado 2	1.76
Muestra Tratado 3	1.90

Fuente: Resultados del laboratorio LC INGENIERIA CONSULTORIA Y ASESORIA DEL PERÚ

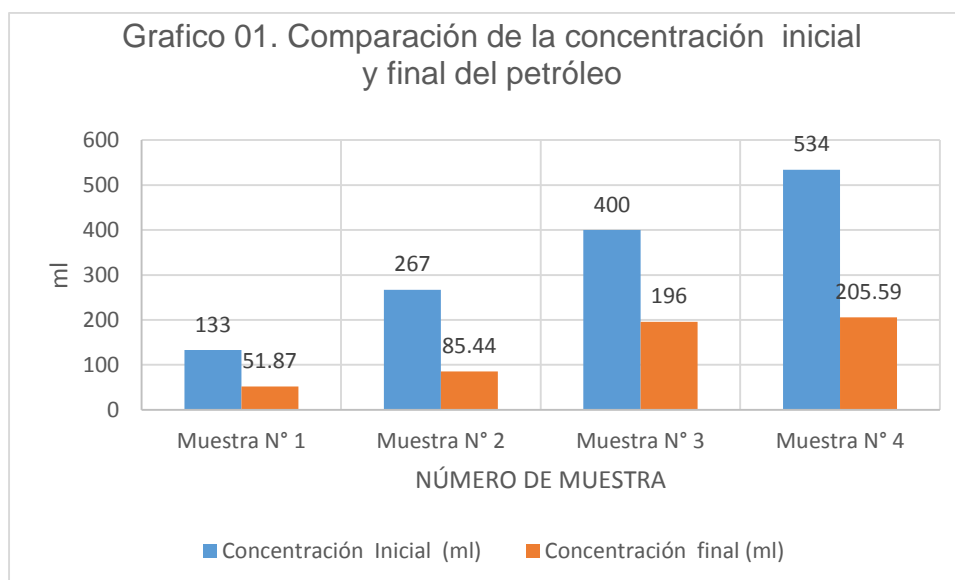
En el cuadro se observa que a mayor concentración de petróleo aumentara la densidad aparentara del suelo y a menor concentración bajara el valor como es el caso de la muestra sin contaminar que tiene 1.50 gr/cm³.

RESUMEN ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Tabla 13. Comparación de las concentraciones de petróleo antes y después del tratamiento del suelo

Muestra de suelo	Concentración Inicial (ml)	Concentración final (ml)
Muestra N° 1	133	51.87
Muestra N° 2	267	85.44
Muestra N° 3	400	196
Muestra N° 4	534	205.59

Fuente: Elaboración propia (2017)

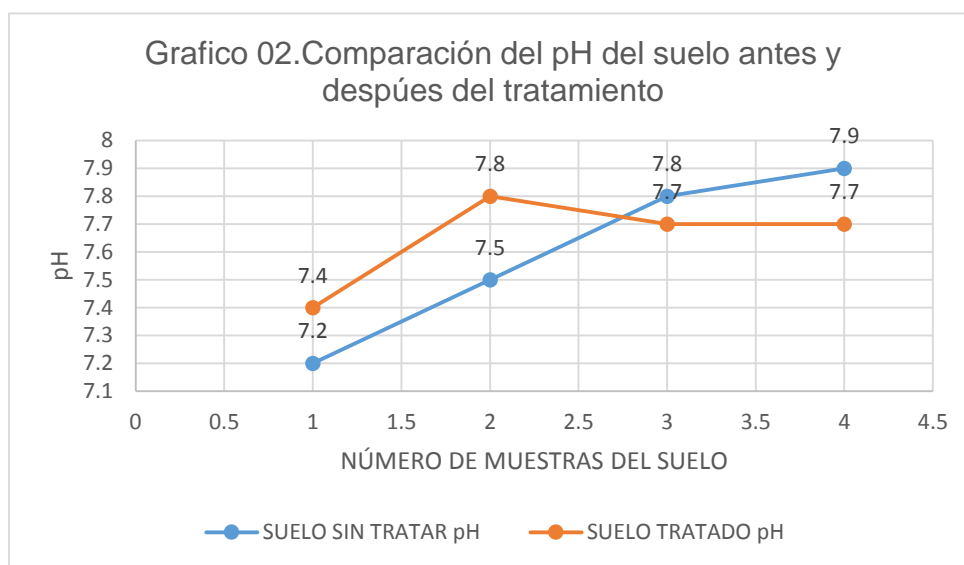


En el presente grafico podemos diferenciar la cantidad de concentración de petróleo, presente en cada muestra. Siendo un resultado considerable la muestra N°3 por la cantidad de concentración obtenida en el análisis de laboratorio.

Tabla 14. Comparación del pH antes y después del tratamiento del suelo

Muestra	SUELO SIN TRATAR pH	SUELO TRATADO pH
Muestra N° 1	7.2	7.4
Muestra N° 2	7.5	7.8
Muestra N° 3	7.8	7.7
Muestra N° 4	7.9	7.7

Fuente: Elaboración propia (2017)



En el presente grafico podemos observar que en el suelo antes del tratamiento presenta un pH creciente pero después del tratamiento no tiene nivel significativo de cambio ya que ambos se mantienen en un rango de 7.2 a 7.9

Tabla 15. Comparación de la conductividad eléctrica antes y después del tratamiento del suelo

Muestra	SUELO SIN TRATAR CE/ms/cm	SUELO TRATADO CE/ μ s/cm
Muestra N° 1	3.30	534.25
Muestra N° 2	4.14	750
Muestra N° 3	4.52	565.65
Muestra N° 4	4.71	549

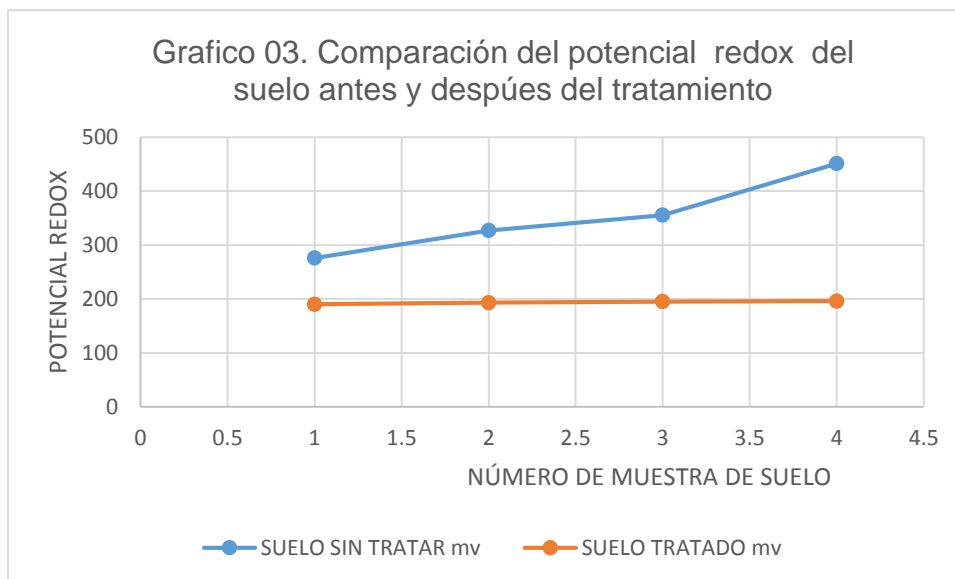
Fuente: Elaboración propia (2017)

En el presente cuadro podemos observar que antes del tratamiento la muestra 1 tiene de conductividad 3.30 ms/cm y luego del tratamiento en 534.25 μ s/cm. Entonces con esto vemos que las unidades de medición cambian.

Tabla 16. Comparación del potencial de redox antes y después del tratamiento del suelo

Muestra	SUELO SIN TRATAR mv	SUELO TRATADO mv
Muestra N° 1	275.75	190
Muestra N° 2	326.75	193
Muestra N° 3	355.5	195
Muestra N° 4	450.75	196

Fuente: Elaboración propia (2017)

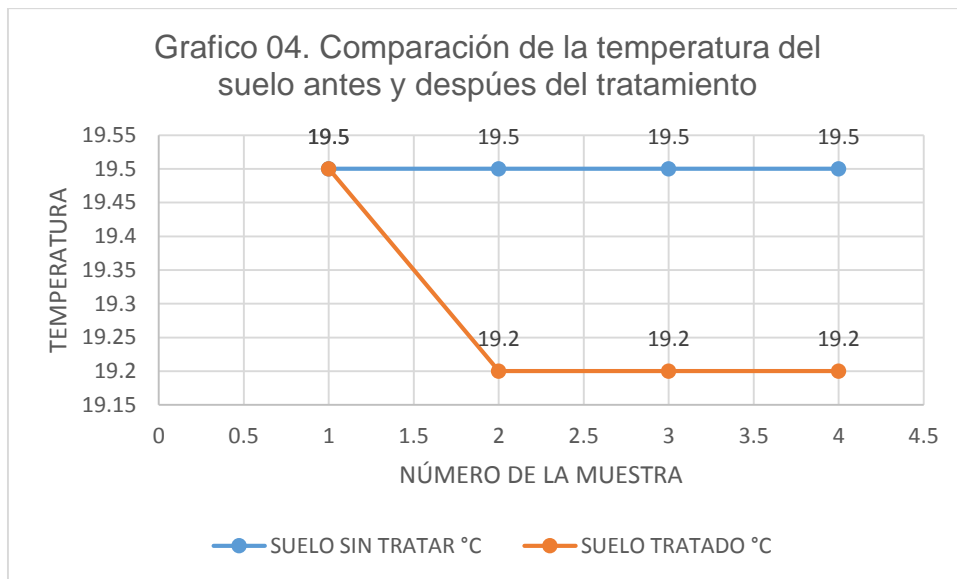


En el presente grafico podemos observar la diferencia que hay en un antes y un después del tratamiento existiendo una reducción del potencial de redox después del tratamiento del suelo.

Tabla 18. Comparación de la temperatura antes y después del tratamiento del suelo

Muestra	SUELO SIN TRATAR °C	SUELO TRATADO °C
Muestra N° 1	19.5	19.5
Muestra N° 2	19.5	19.2
Muestra N° 3	19.5	19.2
Muestra N° 4	19.5	19.2

Fuente: Elaboración propia (2017)



En el grafico se puede observar que el suelo tratado presenta una temperatura y que en la muestra N°1 el suelo sube a la misma del suelo sin tratar.

IV. DISCUSIÓN

- En el trabajo realizado por Santos (2007) se obtuvo en el tratamiento que realizó con un método biológico una remoción del 45% HTP. En nuestro resultado los resultados de análisis del suelo sobre el porcentaje de HTP (hidrocarburos totales de petróleo) indican que en la muestra número tres se logró remover los HTP en un 49% siendo óptimo el resultado. Cuando comparamos ambos tratamientos al porcentaje de remoción de HTP, la diferencia de resultados obtenidos es del 4% a favor de la técnica y el método utilizado en el presente.

- En la investigación realizada por Izquierdo (2013) logró una reducción HTP 19799 mg/kg iniciales a 6373 mg/kg siendo un 67,8% en 120 días. En el presente trabajo con el tratamiento con micro-nanoburbujas en el suelo contaminado con petróleo se realizó en un tiempo de 8 min y se obtuvo una remoción HTP (hidrocarburos totales de petróleo) de 400 ml a 196 ml siendo un %49. En ambas investigaciones se muestra una reducción del % HTP la diferencia está en el tiempo en que Izquierdo realiza para el tratamiento y obtener mejores resultados.

- En una investigación realizada por el autor Cando en el (2010), indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, aunque en el tratamiento de la muestra número tres se obtuvo un mejor resultado de remoción del % TPH del 29%. El presente trabajo se alcanzó en los resultados del porcentaje de hidrocarburos totales de petróleo extraído en la muestra número uno es el (39%), muestra dos el (32%), muestra cuatro el (38.5%). No hay una diferencia significativa entre ellas; pero la muestra número tres el % de remoción de TPH es 49% siendo un resultado importante para este trabajo. Ambos estudios coinciden que en la muestra tres obtuvieron mejores resultados de la remoción de TPH pero existe la diferencia del % remoción entre los dos estudios.

V. CONCLUSIÓN

Conclusión General

La utilización de las micro-nanoburbujas permitió la recuperación del suelo contaminado con petróleo ya que se obtuvieron resultados favorables de extracción del petróleo del 49%TPH de 400ml, 39%TPH de 133ml, 38%TPH de 547 y un 32%TPH de 267ml. También se logró mantener un pH constante y redujo la conductividad eléctrica en unidades de medición de ms/cm a μ s/cm.

Conclusiones específicas

Se determinó que en la recuperación del suelo contaminado de petróleo después del tratamiento con las micro-nanoburbujas de aire y ozono a nivel de laboratorio, las concentraciones de petróleo que se logró extraer fueron la siguiente: Muestra 1 de 133ml a 51.87ml (39%) TPH, Muestra 2 de 267ml a 85.44ml (32%) TPH, Muestra 3 de 400ml a 196ml (49%) y Muestra 4 de 534ml a 205.59ml (38.5%).

También se determinó las propiedades físicas del suelo contaminado con petróleo: la temperatura se mantuvo constante al inicio con un 19.5°C y al final 19.2 °C solo por la muestra tratada 1 estuvo igual inicial. Se llegó a analizar la densidad aparente de las muestras tratadas donde se notó la variación creciente según la concentración del petróleo.

Concluyendo que propiedades químicas del suelo, como el pH se mantuvieron constante MT1 (muestra tratada) pH 7.4, MT2 pH 7.8, MT3 pH 7.7, MT4 pH 7.7. En el caso de la conductividad eléctrica los resultados obtenidos fueron menores a la muestra sin tratar como de M1 (muestra uno) 3.30 ms/cm a 534.25 μ s/cm, M2 4.14 ms/cm a 750 μ s/cm, M3 4.52 ms/cm a 565.65 μ s/cm y M4 4.71 ms/cm a 549 μ s/cm. En caso del potencial de redox los resultados muestran que fueron mayor a lo inicial y según a la concentración del petróleo se reducen o aumentan su valor como MT1 275.75mv, MT2 326.75, MT3 355.5 y MT4 450.75.

VI. RECOMENDACIÓN

- Realizar el procedimiento de la toma de muestreo según el manual de muestreo para suelo que indica el Ministerio del Ambiente, con la finalidad de sacar de manera correcta la muestra representativa de la zona escogida para el muestreo.
- Cuando se prepara una muestra de suelo contaminado a nivel de laboratorio solo debería permanecer por 24 horas; antes de realizar del tratamiento con las micro-nanoburbujas.
- Realizar una limpieza con agua ionizada del generador de micro-nanoburbujas, de los tanques y de la celda de flotación que se vayan a utilizar en el tratamiento para evitar contaminar la muestra de suelo o de agua que se va a realizar el tratamiento.
- Antes de echar el agua al tanque pequeño y a la celda de flotación se tiene que medir con un balde en litros.
- Durante el proceso de tratamiento tener mucho cuidado con el volumen de agua tanto en el tanque pequeño que recicla el agua y en la celda de flotación de micro-nanoburbujas donde se realiza el tratamiento del suelo. Con la finalidad de poder evitar que los envases se llenen y rebalsen por la parte superior.
- Mandar a preparar la celda de flotación de micro-nanoburbujas del tamaño del tanque pequeño que recicla el agua. Con la finalidad de utilizar la menor cantidad de agua y también el menor peso de la muestra de suelo contaminado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, Beatriz. El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. Colombia: Editorial Innovación y cualificación, 2014, 236 pp.
- Bermúdez, Jelvys. Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos a partir del uso de un consorcio bacteriano autóctono en la zona costera de Punta Majagua. Tesis (Master en Ciencias Técnicas). Cuba: Universidad Central “Marta Arreu” de las Villas, 2012. Disponible en:

<http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/3176/Jelvys%20Berm%C3%BAdez%20Acosta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- BUENDIA, Hildebrando. Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante el compost de aserrín y estiércol. Rev.del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM, Vol. 15, núm.30, 2013, pp. 123-130. Disponible en:

<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/viewFile/4101/3268>

- BRUNEL, Nidia. SEGUEL, Oscar. Efectos de la erosión en las propiedades del suelo. Rev. Agro sur v.39 n.1 Valdivia, 2011. Disponible en:

http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S030488022011000100001&script=sci_arttext

- CANDO, Miguel. Determinación y análisis de un proceso de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. Tesis (Ingeniero Ambiental). : Universidad Politécnica Salesiana Sede- Cuenca, 2011. Disponible en:

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1520/11/UPS-CT002143.pdf>

- CASANOVA, Eduardo. Introducción a la ciencia del suelo. 2. a ed. Venezuela: Universidad Central de Venezuela, 2001. 482. pp.

ISBN: 9800023143

- CASTAGNINO, Juan. Nanobiotecnología. Nanomedicina y Teranóstica. Rev. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana, vol. 47, núm. 4, 2013, pp. 635-637. Federación Bioquímica de la Provincia de Buenos Aires Buenos Aires, Argentina 2013. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/535/53530579001.pdf>

- CARRASCO, S. Metodología de la investigación científica. 1. a ed. Perú: San Marcos, 2007. 474. pp.

ISBN: 9789972383441

- El COMERCIO. Derrames de petróleo: van 10 en el transcurso del año [en línea]. El Comercio. 24 de octubre de 2016. [Fecha de consulta: 27 de febrero de 2017].

Disponible en:

<http://elcomercio.pe/sociedad/peru/derrames-petroleo-van-10-transcurso-ano-noticia-1941374>

- FRECUENCIA LATINA, Tarapoto: despiste de cisterna provoca derrame de petróleo. [En línea]. Latina. 19 de abril de 2017. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2017].

Disponible en:

<http://www.latina.pe/noticias/90/tarapoto-despiste-de-cisterna-provoca-derrame-de-petroleo-51176/>

- GRAUX, D. Fundamentos de mecánica del suelo, proyecto de muros y cimentaciones, Volumen 1. España: editores técnicos asociados, 2000, 285 pp.

ISBN: 847146022

- IZQUIERDO, Andrés. Biodegradación de HAPs durante la biorremediación aeróbica de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo. Análisis de poblaciones bacterianas y genes funcionales. Tesis (Doctor). Barcelona: Universitat de Barcelona, 2013. Disponible en:

http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/53361/1/ARIR_TESIS.pdf

- QUEZADA, N. Metodología de la investigación. Perú: Editorial Macro. 2015. 334 pp.

ISBN: 9786124034503

- MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Suelo. 2013, 5 pp. Disponible en:

<http://eca-suelo.com.pe/wp-content/uploads/2014/04/1.1.pdf>

- ORTUÑO, Salvador. El mundo del petróleo: Origen, usos y escenarios. México: Fondo de Cultura Económica, 2012, 223 p.

ISBN: 9786071603678

- PARRA, Enrique. Petróleo y gas natural. Madrid: Editorial Akal, 2003. 348 pp.

ISBN: 8446017687

- PRIETO, Judith, et al. Indicadores e índices de calidad de los suelos ICS) cebaderos del sur del estado de Hidalgo, México. Rev. Agronomía Mesoamericana 24(1):83-91. 2013.

ISSN: 1021-7444

Disponible en:

http://www.mag.go.cr/rev_meso/v24n01_083.pdf

- ROLDÁN, José. Fuentes de Energía. España: Editorial Paraninfo, 2008, 240 pp.

ISBN: 9788428331708

- RODRÍGUEZ, Julián. CASTRO, Lucas. DEL REAL, Juan. Procesos industriales para materiales metálicos. España: Editorial Visión Net. 2006, 278 pp.

ISBN: 84934329-54

- RIOJAS, Héctor. Efectos de los surfactantes en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. Rev. Química Viva .n.3 México diciembre 2010. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/50285620_Efectos_de_los_surfactantes_en_la_biorremediacion_de_suelos_contaminados_con_hidrocarburos

- RODRÍGUEZ, Julián. CASTRO, Lucas. DEL REAL, Juan. Procesos industriales para materiales metálicos. España: Editorial Visión Net. 2006, 278 pp.

ISBN: 84934329-54

- SALAZAR, Erika. Utilización de la biorremediación en piscinas contaminadas con petróleo en los campos petroleros de la región Amazónica. Tesis (Tecnólogo de Petróleos). Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial, 2011. Disponible en:

<http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/6056>

- SOTA R. 2007 .España. Técnicas de recuperación de suelos contaminados. Capítulo III. Pg. 22
- SANTOS, Enrique. Caracterización de suelos contaminados con hidrocarburos en una empresa minera y desarrollo de un método biológico para su remediación. Tesis (Maestro en Ingeniería Ambiental). México: Universidad Autónoma de México, 2007.
- VALVERDE, J. Nanotecnología para Ingeniería ambiental. En: I Congreso Internacional de Ingeniería ambiental en tecnologías ambientales: 6 a 11 de octubre. Lima, 2016, pp. 26.
- VÁZQUEZ, Mayra, et al. Impacto del petróleo crudo en suelo sobre la microbiota de vida libre fijadora de nitrógeno. Rev. Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 13, núm. 3, 2011, pp. 511-523. Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, Yucatán, México. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/939/93920942029.pdf>

- WAUQUIER, J. El Refino Del Petróleo: Petróleo Crudo, Productos Petrolíferos, Esquemas de fabricación. España: Díaz de Santos, 2004, 451 pp.

ISBN: 847978623-X

ANEXO

Anexo 01: Matriz de consistencia

Problema General	Problema Especifico	Objetivo General	Objetivo Especifico	Hipótesis General	Hipótesis Especifica	Variable	Dimensiones	Indicadores
¿La aplicación de las micro-nanoburbujas de aire-ozono permitirá la recuperación del suelo contaminado con petróleo a nivel de laboratorio?	¿Cuál es la concentración del petróleo para poder recuperar el suelo contaminado mediante el uso de las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio?	Recuperar el suelo contaminado con petróleo utilizando micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio	Determinar la concentración de petróleo en la recuperación del suelo contaminado después del tratamiento con las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio	Mediante la aplicación de micro-nanoburbujas de aire-ozono se obtendrá la recuperación del suelo contaminado con petróleo a nivel de laboratorio	Será posible reducir el volumen de petróleo para la recuperación del suelo contaminado mediante el uso de las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio	Variable 1: Uso Micro nanoburbujas de aire	Concentración de petróleo	Concentración inicial de petróleo Concentración final de petróleo
	¿Qué propiedades físicas existe para la recuperación del suelo contaminado con petróleo mediante el uso de las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio?		Determinar las propiedades físicas de la recuperación del suelo contaminado con petróleo luego del tratamiento con micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio		Se podrá determinar propiedades físicas para la recuperación del suelo contaminado con petróleo mediante el uso de las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio		Propiedades físicas	Temperatura Estructura Textura
	¿Qué propiedades químicas existe para la recuperación del suelo contaminado con petróleo mediante el uso de las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio?		Determinar las propiedades químicas de la recuperación del suelo contaminado con petróleo luego del tratamiento con micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio		Se podrá determinar propiedades químicas para la recuperación del suelo contaminado con petróleo mediante el uso de las micro-nanoburbujas de aire-ozono a nivel de laboratorio		Propiedades químicas	pH conductividad eléctrica, potencial de redox,
						Variable 2 independiente Uso de micro-nanoburbujas	Condiciones operacionales	Caudal Tiempo de tratamiento Presión del aire Volumen del agua
							Características de las micro-nanoburbujas	Velocidad de ascenso Presión interna Tamaño

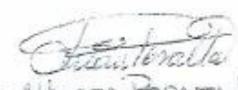
INTRUMENTOS

Anexo 02: Matriz de Variable Independiente

Matriz de caracterización de parámetros Micro- nanoburbujas		
Parámetros	Unidades	Observaciones
Presión interna	atm	
Tamaño	nm	
Velocidad de ascenso	m/s	
Tiempo min	min	
Cantidad de burbujas por volumen	unidad /mm ³	

Fuente: Elaboración propia


Dr. Carlos Arce
CIP 46572


Juan Alberto Ferrera Medina
CIP 5604


Rubén Arce
CIP 38103

Anexo 03: Ficha de muestreo del suelo en campo

1. Datos Generales

Dirección del lugar de muestreo	
Departamento/provincia/distrito	

2. Datos del punto de muestreo

Nombre de la persona responsable del muestreo	
Coordenadas Geográficas	
Descripción de la superficie	
Instrumentos utilizados	

3. Datos de la muestra

Rotulación de muestra	
Fecha	
Hora	
Cantidad de muestra recolecta	
Profundidad	
Color/olor	
Tipo de muestra	
Numero de sub muestras	


Fuente: Elaboración propia (2017)

Anexo 04: Matriz de Variable dependiente

Muestra de suelo	Concentración Inicial (ml)	Concentración final (ml)
Muestra N° 1		
Muestra N° 2		
Muestra N° 3		
Muestra N° 4		



Fuente: Elaboración propia (2017)

**Anexo 05: Certificado del laboratorio de los parámetros del suelo
antes del tratamiento**



**LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA
DEL PERÚ S.A.C.**
R.U.C. N° 20552341679

FABRICACIÓN - MANTENIMIENTO - REPARACIÓN - METALMECÁNICA
ELECTRICIDAD - ELECTRÓNICA
LAB. QUÍMICO - LAB. METALÚRGICO
MONITOREOS AMBIENTALES - ARTESANÍA
COMPRA - VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS
IMPORTADORES - EXPORTADORES

Análisis: Muestra de Suelo contaminado con Petróleo.

Solicitado: Cindy Silda Garcia Trinidad

Procedencia: Av. Santa Callao – Los Olivos 15307

Fecha de recepción: 11/Julio/2017 **Fecha de entrega:** 14/Julio/2017

Código	pH	CE/ms/cm	mv	T°C
M1	7,2	3,30	190	19,5

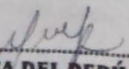
Código	pH	CE/ms/cm	mv	T°C
M2	7,5	4,14	193	19,5

Código	pH	CE/ms/cm	mv	T°C
M3	7,8	4,52	195	19,5


Código	pH	CE/ms/cm	mv	T°C
M4	7,9	4,71	196	19,5



Ing.: Chris Lisset Luis Chiroque
CIP: 153976

Químico: Nelly Trejo Domínguez


LC ICA DEL PERÚ S.A.C.
Luis Fernando Mendoza Apolaya
GERENTE

**Anexo 06: Certificado del laboratorio de los parámetros del suelo
después del tratamiento**

 **LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA
DEL PERÚ S.A.C.**
R.U.C. N° 20552341679
Empresa líder en Medio Ambiente
LAB. QUÍMICO - LAB. METALÚRGICO
MONITOREOS AMBIENTALES - ARTESANÍA
COMPRAS - VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS
IMPORTADOR - EXPORTADOR

Análisis: Muestra de Suelo Tratado con micro-nanoburbujas (ozono – aire)
Solicitado: Cindy Silda Garcia Trinidad
Procedencia: Av. Santa Callao – Los Olivos 15307

Fecha de recepción: 11/Julio/2017 **Fecha de entrega:** 14/Julio/2017

Código	pH	CE/ μ S/cm	mv	T°C
MT1	7,4	534,25	275,75	19,5

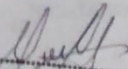
Código	pH	CE/ μ S/cm	mv	T°C
MT2	7,8	750	326,75	19,2

Código	pH	CE/ μ S/cm	mv	T°C
MT3	7,7	565,65	355,5	19,2


Código	pH	CE/ μ S/cm	mv	T°C
MT4	7,7	549	450,75	19,2

Ing.: Chris Lisset Luis Chiroque
CIP: 153976



Químico: Nelly Trejo Domínguez


LC ICA DEL PERÚ S.A.C.
Luis Fernando Mendoza Apolaya
GERENTE

**Anexo 07: Certificado del laboratorio % de HTP extraído del suelo
después del tratamiento**



**LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA
DEL PERÚ S.A.C.**
R.U.C. N° 20552341679
Empresa líder en Medio Ambiente
LAB. QUÍMICO - LAB. METALÚRGICO
MONITOREO AMBIENTALES - ASESORIA
COMPRAS - DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS
IMPORTACIÓN - EXPORTACIÓN

Análisis: Muestra de Suelo Tratado con micro-nanoburbujas (ozono – aire)
Solicitado: Cindy Silda Garcia Trinidad
Procedencia: Av. Canta Callao – Los Olivos 15307
Fecha de recepción: 10/Julio/2017 **Fecha de entrega:** 14/Julio/2017

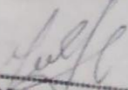
Código	HTP/ml	%HTP EXTRAÍDO
MT1	6,5	39
MT2	7	32
MT3	17	49
MT4	14	38,5

Código	Peso de muestra húmeda/gr	Peso de muestra seco/gr	% de Humedad
MT1	200	158	21
MT2	200	161	19,5
MT3	200	164	13,5
MT4	200	166	13,5

Código	Densidad aparente gr/cm ³
MS	1,50
MT1	1,74
MT2	1,76
MT3	1,90
MT4	1,90

Químico: Nelly Trejo Domínguez

Ing.: Chris Lisset Luis Chiroque
 CIP: 153976


LC ICA DEL PERÚ S.A.C.
 Luis Fernando Mendosa Apolaya
 GERENTE